ÉTAT DE L'OCÉAN EN 2005 : CONDITIONS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DANS LE GOLFE DU MAINE, DANS LA BAIE DE FUNDY, SUR LE PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS ET DANS LE SUD DU GOLFE DU SAINT-LAURENT

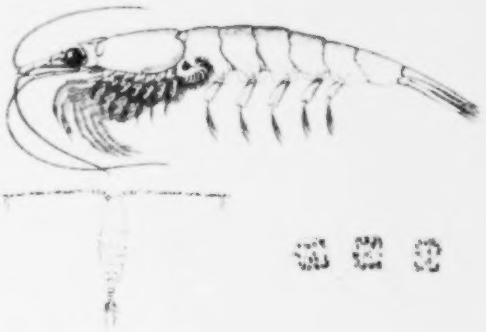

Figure 1. Stations fixes du PMZA dans les Régions des Maritimes et du Golfe et transects du plateau continental.

Contexte

Le Programme de monitorage de la zone Atlantique (PMZA) a été mis en œuvre en 1998 dans les buts suivants : 1) permettre au MPO de mieux comprendre, décrire et prédire l'état de l'écosystème marin et 2) quantifier les changements qui se produisent dans les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan, ainsi que dans les relations prédateur-proie parmi les ressources marines. Un des éléments essentiels du PMZA est l'évaluation annuelle de la répartition et de la variabilité des nutriants, et du plancton qui en dépend.

Le PMZA utilise des données provenant d'un réseau de points d'échantillonnage (stations fixes, transects du plateau continental, relevés sur le poisson de fond, télédétection par satellite) au Québec, dans les Maritimes, dans le sud du Golfe et à Terre-Neuve, qui sont échantillonnés à une fréquence allant de toutes les deux semaines à une fois l'an. On recueille aussi de l'information au sujet de l'abondance relative et de la structure de la communauté de plancton, de l'Islande à la côte de Terre-Neuve et de Terre-Neuve au golfe du Maine, grâce à des enregistreurs de plancton en continu (CPR) installés sur des navires commerciaux.

Une description de la répartition spatio-temporelle des nutriants dissous dans l'eau de mer (nitrates, silicates, phosphates et oxygène) donne des renseignements importants sur les mouvements de la masse d'eau ainsi que sur l'emplacement, la période et l'ampleur des cycles de production biologique. Une description de la répartition du phytoplancton et du zooplancton apporte quant à elle des renseignements importants sur les organismes qui forment la base du réseau trophique marin. Pour appliquer une approche écosystémique à la gestion des pêches, il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton.

SOMMAIRE

- En 2005, les concentrations de nutriants dans les eaux de surface au large d'Halifax et dans la baie de Fundy étaient plus basses que les deux années précédentes.
- En été, la zone de raréfaction des nutriants au large d'Halifax a atteint sa plus grande profondeur depuis le début des observations, soit depuis 1999.
- Les concentrations de nutriants dans les eaux profondes (> 50 m) au large d'Halifax étaient les plus basses à ce jour, en particulier à la fin du printemps.
- Une importante efflorescence a été observée au printemps au large d'Halifax pour la troisième année de suite, mais en 2005 sa durée a été la plus courte à ce jour. On a aussi observé des teneurs records en chlorophylle le long du transect d'Halifax au printemps.
- Les teneurs de fond en chlorophylle (hors de la période d'efflorescence printanière) au large d'Halifax diminuent depuis que les observations ont commencé, en 1999.
- L'indice de coloration et les dénombrements d'espèces obtenus au moyen des enregistreurs de plancton en continu (CPR) en 2004 révélaient que l'abondance de phytoplancton sur le plateau néo-écossais reste bien supérieure aux valeurs observées dans les années 1960 et 1970.
- La contribution de *Calanus spp.* à la communauté de zooplancton de la vallée de Shediac, du large d'Halifax et de la baie de Fundy a augmenté constamment depuis 1999, année où ont commencé les observations.
- La biomasse de zooplancton et l'abondance de *Calanus finmarchicus* ont considérablement augmenté dans la baie de Fundy à la fin de 2005, pour atteindre des niveaux bien supérieurs à la moyenne à long terme, cela pour la deuxième année de suite.
- Sur le plateau néo-écossais, la biomasse de zooplancton et l'abondance de *Calanus finmarchicus* étaient au printemps et en automne 2005 les plus basses observées jusqu'ici.
- En 2005, l'abondance de *Calanus finmarchicus* a atteint ses plus hauts niveaux à ce jour au printemps dans le détroit de Cabot et en automne dans le centre du plateau néo-écossais.
- Les dénombrements au CPR en 2004 montraient que l'abondance de plusieurs espèces importantes de zooplancton continue d'être bien inférieure à ses valeurs des années 1960 et 1970.Toutefois, certaines espèces (p. ex. *C. finmarchicus* et *Paracalanus / Pseudocalanus spp.*) semblent en voie de rétablissement et leur abondance est maintenant égale ou supérieure à sa moyenne à long terme.

INTRODUCTION / RENSEIGNEMENTS DE BASE

Le cycle de production du plancton dépend largement de phénomènes physiques. La croissance des plantes marines microscopiques (phytoplancton) nécessite en particulier de la lumière et des nutriants (comme les nitrates, phosphates et silicates). Or, parmi les principaux nutriants disponibles, l'azote est celui qui, en général, est le moins abondant dans les eaux côtières; cela, pense-t-on, limite la croissance du phytoplancton, particulièrement en été. Une description du cycle des nutriants sur le plateau continental aidera à comprendre et à prédire la variabilité spatio-temporelle des populations de plancton.

Le phytoplancton constitue la base de la chaîne trophique marine et la source alimentaire principale de la partie animale du plancton, le zooplancton. Le phytoplancton et le zooplancton servent à leur tour de nourriture aux larves des poissons et aux invertébrés, et ils influent donc sur leur taux de survie. Comprendre les cycles du plancton permettra donc de mieux évaluer l'état de l'écosystème marin et sa capacité à entretenir des pêches de capture.

Le PMZA donne des renseignements fondamentaux sur la variabilité naturelle des propriétés physiques, chimiques et biologiques du plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest. Les

relevés sur le poisson de fond et l'échantillonnage sur des transects du plateau continental donnent des renseignements géographiques régionaux détaillés, mais qui sont d'une portée saisonnière limitée. Des stations fixes placées dans des points stratégiques (station de la vallée de Shediac, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, station 2, le long du transect d'Halifax, sur le plateau néo-écossais, et station Prince 5, dans la baie de Fundy) complètent l'échantillonnage de nature géographique, en donnant des renseignements plus détaillés sur les changements saisonniers dans les propriétés de l'écosystème. Par ailleurs, la télédétection par satellite de la biomasse de phytoplancton à la surface de la mer (chlorophylle) nous offre une large perspective, à l'échelle de la zone, de l'importante variabilité de l'environnement et de l'écosystème. Enfin, les enregistreurs de plancton en continu (CPR) nous procurent des renseignements sur la variabilité à grande échelle, interrégionale et à long terme (de plusieurs années à plusieurs décennies) de l'abondance du plancton et de la structure de sa communauté.

ÉVALUATION / ANALYSE

Nutriants

Stations fixes. On a observé une diminution rapide des concentrations de nitrates près de la surface dans toutes les stations fixes des Régions des Maritimes et du Golfe en 2005. Les basses valeurs des concentrations superficielles ont persisté durant tout l'été et l'automne dans la vallée de Shediac (le phénomène était manifeste malgré un échantillonnage limité) et au large d'Halifax, et elles n'ont augmenté qu'à la fin de l'automne (phénomène observable seulement au large d'Halifax). La zone de raréfaction des nitrates (définie comme étant les profondeurs auxquelles les concentrations étaient ≤ 1 μM) en été est plus grande au large d'Halifax-2 (~ 30 m) que dans la vallée de Shediac (~ 15 m). La profondeur de la zone de raréfaction des nitrates au large d'Halifax en été 2005 était la plus grande (> 40 m) enregistrée depuis le début des observations, soit depuis 1999. Dans la baie de Fundy, les concentrations superficielles en nitrates n'ont jamais été inférieures à ~ 4 μM. L'échantillonnage limité en 2005 n'a pas permis de procéder à une évaluation du cycle saisonnier des nutriants à la station de la vallée de Shediac; toutefois, les quelques observations réalisées en été et en automne donnent à croire que les concentrations superficielles y sont peut-être légèrement inférieures à celles des années précédentes. L'évolution saisonnière de la structure verticale des nitrates au large d'Halifax en 2005 était comparable à ce qui avait été observé précédemment, sauf que les concentrations en profondeur (50-140 m) étaient les plus basses à ce jour. Il convient de signaler les faibles concentrations en profondeur à la fin du printemps et au début de l'été. L'illustration des anomalies de nitrates révélait que les concentrations superficielles en 2005 étaient comparables à leur moyenne à long terme, mais que les concentrations en profondeur étaient bien inférieures à leur moyenne à long terme (de -6 à -8 μM) et inférieures aussi aux concentrations enregistrées depuis le début des observations systématiques, soit depuis 1999.

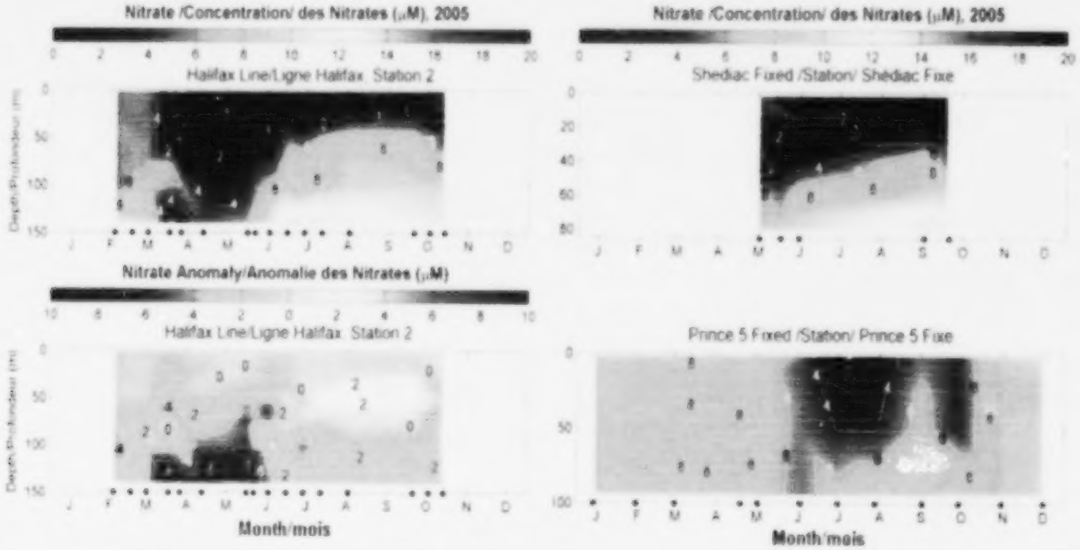

Figure 2. Distribution verticale et anomalies des teneurs en nitrates (teneurs en 2005 moins la moyenne à long terme) aux stations fixes du PMZA dans les Régions des Maritimes et du Golfe en 2005.

Les concentrations en nitrates dans les 50 m supérieurs (zone de profondeur au-dessus de laquelle la dynamique des nutriants est fortement influencée par les phénomènes biologiques) présentent une forte variabilité saisonnière dans toutes les stations fixes des Maritimes et du Golfe. Dans la vallée de Shediac, elles étaient en 2005 quelque peu inférieures aux précédentes, malgré un échantillonnage limité. Quoique la tendance saisonnière dans la variabilité des nitrates au large d'Halifax était comparable en 2005 à ce qui avait été observé les années précédentes, les concentrations de nitrates durant l'hiver 2005 étaient plus basses que les deux années précédentes (< 300 mmol m^{-2}) et elles poursuivaient leur tendance à la baisse. Les concentrations estivales et automnales étaient parmi les plus basses des sept dernières années (< 10 mmol m^{-2}). Les concentrations maximales de nitrates observées en hiver 2005 dans la baie de Fundy (~ 400 mmol m^{-2}) étaient sensiblement plus basses que les deux années précédentes, mais comparables à leur moyenne à long terme; l'été, elles n'étaient que légèrement inférieures à leur moyenne à long terme (~ 200 mmol m^{-2}). En général, les concentrations annuelles de nitrates continuent d'être à leur maximum dans la baie de Fundy et à leur minimum au large d'Halifax. Exception faite des concentrations de nitrates anormalement basses au printemps au large d'Halifax, on n'a pas observé de tendance perceptible dans les concentrations annuelles de nitrates en profondeur (> 50 m) dans toutes les stations fixes au cours des sept années d'observations systématiques.

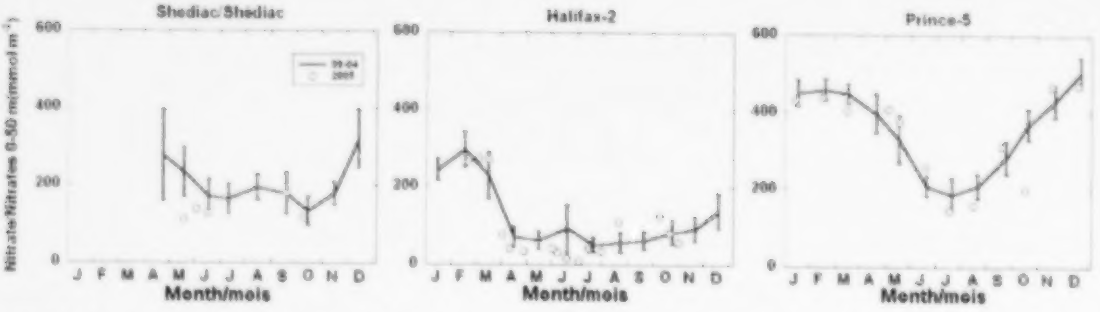

Figure 3. Teneurs en nitrates (de la surface jusqu'à 50 m) aux stations fixes du PMZA dans les Régions des Maritimes et du Golfe en 2005.

<u>Transects du plateau néo-écossais.</u> Les répartitions verticales des nitrates au printemps et en automne étaient en général similaires le long des transects du plateau néo-écossais en 2005, c'est-à-dire que les concentrations étaient basses (< 1 µM) dans les eaux proches de la surface (< 50 m), en raison de la consommation du phytoplancton, et qu'elles augmentaient avec la profondeur. En eau profonde, les concentrations étaient à leur plus fort dans les bassins (> 12 µM) et les eaux du talus situées au large du plateau. Comme on l'avait observé en 2004, les concentrations de nitrates à la surface étaient déjà considérablement appauvries lors du relevé de printemps, réalisé en avril (1 µM, horizon de profondeurs : 20-40 m). Les concentrations de nitrates à la surface étaient également basses durant le relevé d'automne, réalisé à la fin d'octobre (1 µM, horizon de profondeurs : 20-50 m) et elles ne reflétaient pas un éventuel brassage saisonnier des nutriants depuis les eaux profondes vers les eaux de surface. En 2005, les concentrations de nitrates dans les 50 m supérieurs étaient comparables à celles des années précédentes, sauf le long du transect du détroit de Cabot, où elles étaient en général plus élevées. En général, les concentrations superficielles de nutriants au printemps et en automne le long des transects du détroit de Cabot et du banc de Brown équivalent à près de deux fois celles qu'on observe le long des transects de Louisbourg et d'Halifax.

<u>Relevés sur le poisson de fond.</u> Les concentrations de nitrates dans les eaux de fond pendant le relevé d'été sur le poisson de fond du plateau néo-écossais de juillet 2005 (moy. : 10,98 µM) étaient comparables à celles observées en 2004 (moy. : 10,35 µM). Elles augmentaient avec la profondeur et atteignaient leurs plus hauts niveaux dans les bassins profonds du plateau (p. ex. le bassin Émeraude) et dans les eaux du talus au large du plateau. En été 2005, les taux de saturation en oxygène dans les eaux de fond du plateau néo-écossais (moy. : 78 % de saturation) étaient un peu plus basses qu'en 2004 (moy. : 81 % de saturation), mais cela ne représentait pas un écart statistique significatif par rapport à l'année précédente ou la moyenne à long terme; les taux de saturation les plus bas étaient enregistrés dans les bassins profonds et dans les eaux profondes du large du plateau, où les nutriants abondent le plus.

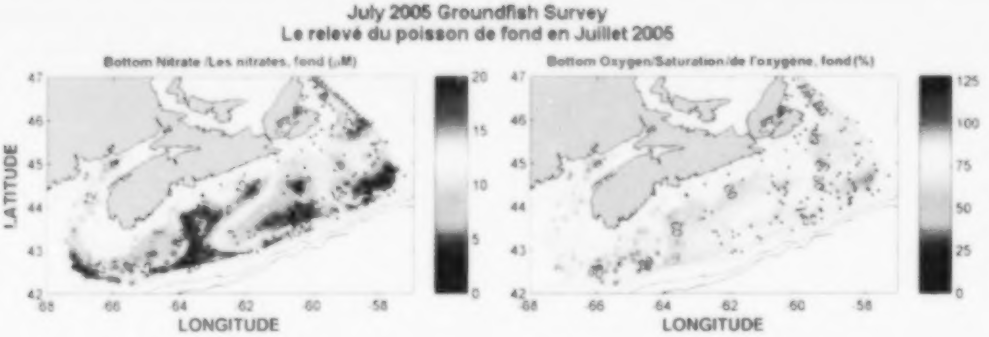

Figure 4. Teneurs en nitrates et taux de saturation en oxygène dans les eaux de fond du plateau néo-écossais durant le relevé sur le poisson de fond de juillet 2005.

Dans le sud du Golfe en septembre, les concentrations de nitrates dans les eaux de fond étaient plus basses en 2005 (moy. : 8,90 µM) qu'en 2004 (moy. : 9,73 µM). Elles atteignaient leur maximum dans le bassin ouest et dans les eaux profondes du chenal Laurentien. Quant aux taux de saturation en oxygène dans les eaux de fond du sud du Golfe, ils étaient comparables, en moyenne, aux taux observés en 2004 (moy. : 72 % de saturation). Dans cette région, c'est dans le bassin ouest qu'ils étaient les plus bas et dans le chenal Laurentien les plus hauts.

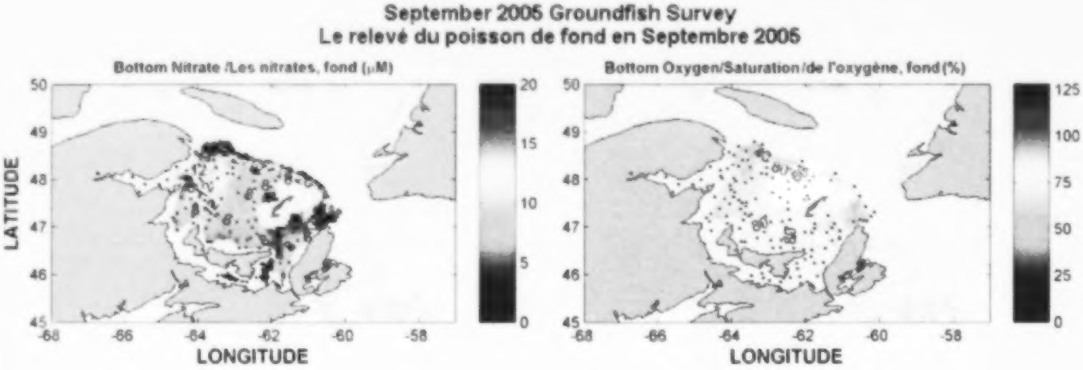

Figure 5. Teneurs en nitrates et taux de saturation en oxygène dans les eaux de fond du sud du golfe du Saint-Laurent durant le relevé sur le poisson de fond de septembre 2005.

Phytoplancton

Stations fixes. Les cycles de croissance saisonnière du phytoplancton sont manifestement bien différents dans les trois stations fixes des Maritimes et du Golfe. À cause de la présence de glace dans le sud du Golfe au printemps, seule la dernière phase de l'efflorescence printanière peut être observée à la station de la vallée de Shediac. Comme, de surcroît, l'échantillonnage est limité pendant la période libre de glace, on ne peut dire grand chose de l'étendue et de la variabilité de la biomasse de phytoplancton (chlorophylle) ainsi que de sa répartition verticale et de sa composition en 2005. L'importante efflorescence printanière observée au large d'Halifax-2 en 2003 et 2004 est réapparue en 2005. L'illustration des anomalies donne à penser que, comme en 2003 et 2004, l'efflorescence printanière était en 2005 supérieure à ses niveaux historiques, toutefois, elle a pris fin plus tôt que précédemment. Le cycle de croissance du phytoplancton dans la baie de Fundy en 2005, contrairement à ce qui

s'est produit dans la vallée de Shediac et au large d'Halifax, s'est caractérisé, après un commencement tardif, par une poussée de croissance relativement soutenue, qui a commencé au début de l'été et s'est poursuivie jusqu'à l'automne, en présentant deux pics.

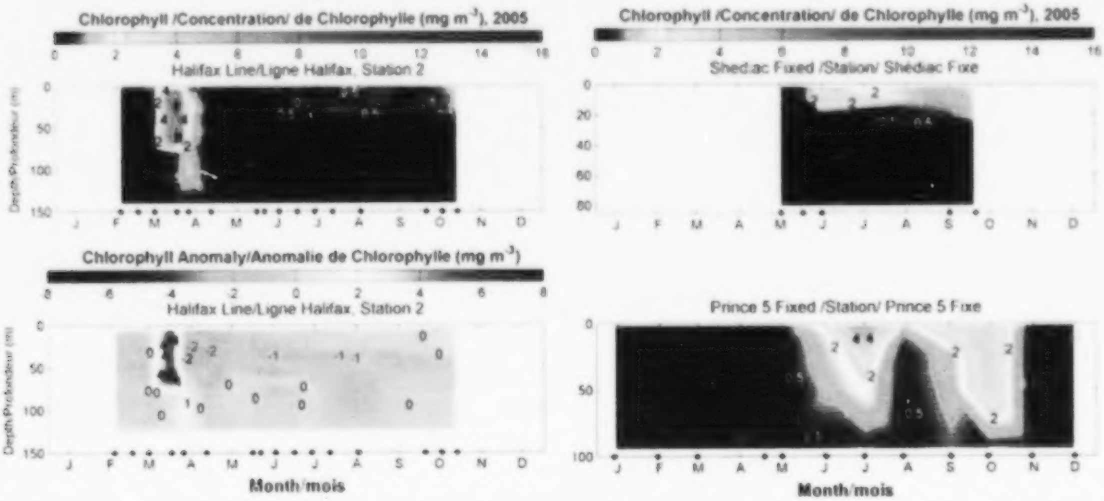

Figure 6. Distribution verticale et anomalies des teneurs en chlorophylle (teneurs en 2005 moins la moyenne à long terme) aux stations fixes du PMZA dans les Régions des Maritimes et du Golfe en 2005.

En 2005, les concentrations de chlorophylle dans les 100 m supérieurs durant l'échantillonnage limité ayant eu lieu dans la vallée de Shediac étaient inférieures aux valeurs observées antérieurement. Parallèlement, l'évolution de la composition de la communauté de phytoplancton à cette station en 2005 était conforme aux observations des années antérieures, c'est-à-dire qu'elle dénotait une diminution des diatomées au profit des flagellés, puis un retour à la prépondérance des diatomées au fur et à mesure que l'année avançait. Pour ce qui est de concentrations de chlorophylle au large d'Halifax, on a observé au printemps 2005 une forte efflorescence d'une ampleur comparable à celles de 2003 et 2004. La prépondérance des flagellés à longueur d'année qui avait été observée à cette station parmi la communauté de phytoplancton en 2004 ne s'est pas reproduite en 2005 et elle a fait place à une évolution saisonnière plus caractéristique de la composition de la communauté, c'est-à-dire à une prédominance des diatomées en hiver, au printemps et à la fin de l'automne, et à une prédominance des flagellés après l'efflorescence et en été. Dans la baie de Fundy, les concentrations de chlorophylle étaient les plus basses à ce jour et le pic de la biomasse est survenu plus tard dans l'année qu'à l'accoutumée. Tel qu'indiqué précédemment, la communauté de phytoplancton de la baie de Fundy est composée presque exclusivement de diatomées (> 90 %), à longueur d'année. Tous les ans, c'est dans la baie de Fundy qu'on trouve les plus fortes concentrations de chlorophylle des trois stations fixes des Maritimes et du Golfe.

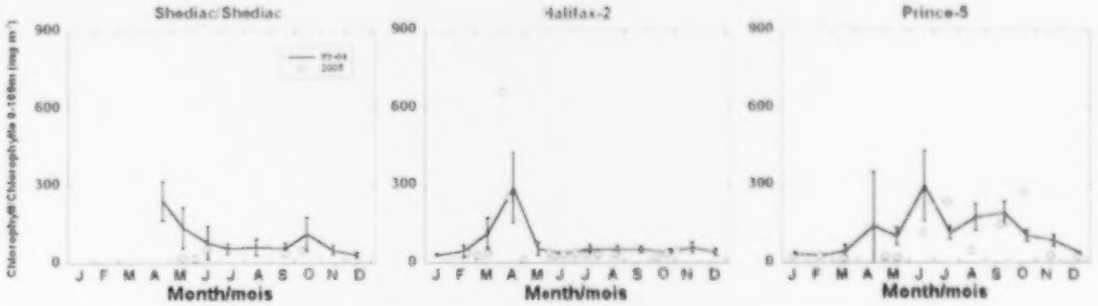

Figure 7. Teneurs en chlorophylle (de la surface jusqu'à 100 m) aux stations fixes du PMZA dans les Régions des Maritimes et du Golfe en 2005.

Une analyse plus détaillée des périodes auxquelles a commencé et s'est terminée l'efflorescence printanière au large d'Halifax a révélé que l'efflorescence de 2005 était la plus courte à ce jour, puisqu'elle n'a duré que 25 jours comparativement à 36-67 jours les années précédentes. En plus des changements dans la dynamique de l'efflorescence printanière, la concentration « de fond » en chlorophylle (hors de la période d'efflorescence) diminue depuis les sept dernières années, étant passée de ~ 40 mg m^{-2} en 1999 à ~ 30 mg m^{-2} en 2005, cela étant vraisemblablement lié à la diminution des réserves de nutriants dans les eaux proches de la surface ces dernières années.

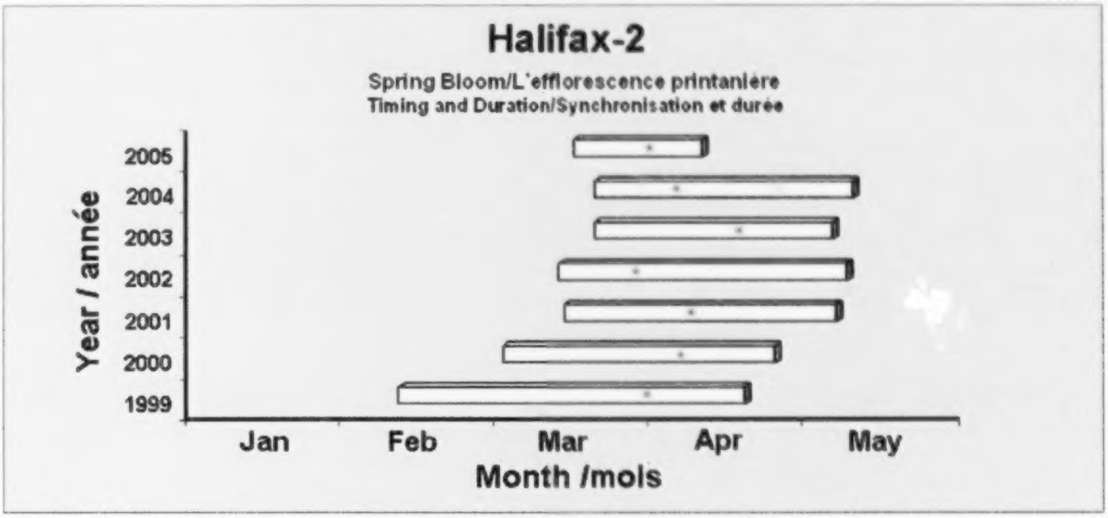

Figure 8. Durée (traits horizontaux) et moment de la teneur maximale en chlorophylle (cercle) de l'efflorescence printanière à la station fixe d'Halifax de 1999 à 2005.

<u>Transects du plateau néo-écossais.</u> Au cours du relevé du printemps 2005, les concentrations de chlorophylle étaient relativement élevées (> 6 mg m^{-3} ou ~ 200-300 mg $^{-2}$). Comme les années précédentes, la chlorophylle était en général plus abondante dans l'est que dans l'ouest du plateau au printemps, mais ses concentrations étaient hautes le long de tous les transects en 2005. Les concentrations le long du transect d'Halifax étaient les plus hautes (> 300 mg m^{-2}) enregistrées depuis le début des observations, soit depuis 1999, mais elles étaient basses par rapport à celles qui ont déjà été enregistrées dans le détroit de Cabot. En revanche, lors du relevé de l'automne 2005, les concentrations de chlorophylle se situaient un ordre de grandeur en dessous (< 1 mg m^{-3} ou ~ 25-35 mg m^{-2}) de celles du printemps, ce qui

est caractéristique à cette période de l'année. En général, on observe une couche maximale de chlorophylle plus prononcée sous la surface aux stations du plateau néo-écossais en automne; toutefois, dans le relevé de 2005, les plus fortes concentrations semblaient confinées aux eaux de surface, comme en 2004. Les concentrations de chlorophylle durant l'automne 2005 étaient comparables sur tous les transects, sauf celui de Louisbourg où elles étaient légèrement inférieures à leurs valeurs antérieures.

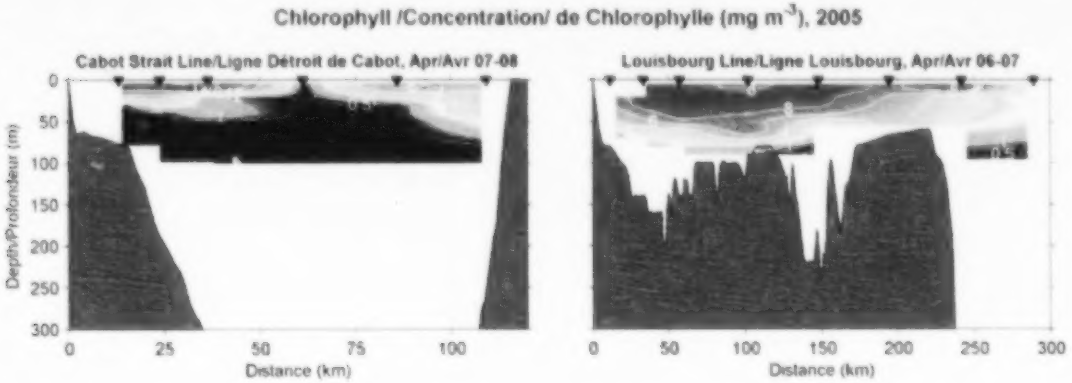

Figure 9. Distribution verticale des teneurs en chlorophylle le long des transects du détroit de Cabot et de Louisbourg au printemps 2005.

Relevés sur le poisson de fond. En 2005, les concentrations de chlorophylle à la surface lors du relevé d'été dans l'est du plateau néo-écossais reflétaient les mêmes tendances que les années précédentes, à savoir qu'elles étaient les plus élevées au large du plateau (> 8 mg m^{-3}), ce qui indiquait que l'efflorescence printanière était bien avancée dans ce secteur, mais qu'elle n'avait pas encore commencé à l'intérieur du plateau. Les concentrations de chlorophylle à la surface durant le relevé de l'été 2005 sur le plateau néo-écossais étaient en revanche uniformément basses (< 1 mg m^{-3}) sur la majeure partie du centre et de l'est du plateau. On a observé de fortes concentrations de chlorophylle (> 2 mg m^{-3}) près de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et dans les approches de la baie de Fundy, comme les années précédentes. Ces régions se caractérisent généralement par un fort brassage vertical. Dans l'ensemble, les concentrations superficielles estivales de chlorophylle sur le plateau néo-écossais en 2005 (moy. : 0,56 mg m^{-3}) étaient comparables à celles de 2004. En surface, les concentrations de chlorophylle observées durant le relevé d'automne sur le poisson de fond réalisé en 2005 dans le sud du Golfe (moy. : 1,17 mg m^{-3}) étaient inférieures à ses valeurs de 2004 (moy. : 1,89 mg m^{-3}), mais l'écart n'était pas significatif sur le plan statistique par rapport à la moyenne à long terme. Les concentrations tendaient à atteindre leur maximum dans le bassin ouest, ainsi qu'on l'avait observé les années précédentes.

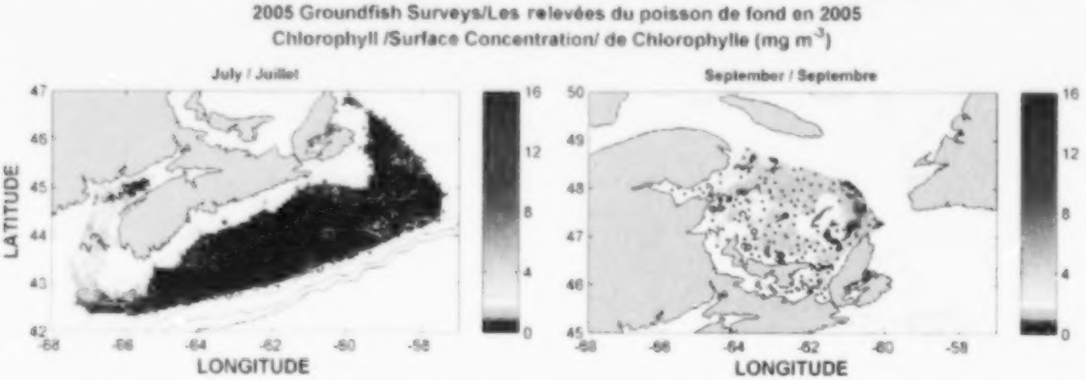

Figure 10. Teneurs en chlorophylle près de la surface dans les eaux du plateau néo-écossais et du sud du golfe du Saint-Laurent durant les relevés sur le poisson de fond de juillet et septembre respectivement.

Télédétection par satellite. Les données sur la couleur de l'océan (SeaWiFS et MODIS) nous donnent un bon moyen supplémentaire d'évaluer la biomasse de phytoplancton (chlorophylle) en surface aux stations fixes du PMZA, le long des transects saisonniers et à plus grande échelle (dans l'Atlantique Nord-Ouest), et elles peuvent nous donner une information temporelle et une perspective spatiale synoptique qu'on ne peut obtenir dans l'échantillonnage classique. Autre application utile des champs de chlorophylle détectés par satellite, ils permettent de produire des représentations graphiques de la dynamique saisonnière de la chlorophylle sur les diverses parties du plateau. Il est évident d'après ces données que, par exemple, les concentrations de chlorophylle à la surface sont généralement plus élevées dans l'est du plateau néo-écossais (transect de Louisbourg) que dans le centre et l'ouest de celui-ci (transect d'Halifax). La dynamique de l'amorce, de la durée et de la fin des efflorescences de printemps et d'automne est aussi reflétée dans ce type de représentation graphique, ainsi que les relations spatiales (sur l'ensemble du plateau). Les efflorescences printanières sur le plateau néo-écossais peuvent être vues comme des phénomènes séparés, intenses et de courte durée, tandis que les efflorescences d'automne semblent de moindre ampleur, plus diffuses et de durée variée. La représentation graphique montre aussi, par exemple, que les efflorescences printanières observées le long des transects de Louisbourg et d'Halifax était plus faibles en 2005 qu'en 2004 et que l'efflorescence observée le long du transect d'Halifax était plus courte en 2005 qu'en 2004, ce qui correspond aux observations réalisées à la station fixe du large d'Halifax.

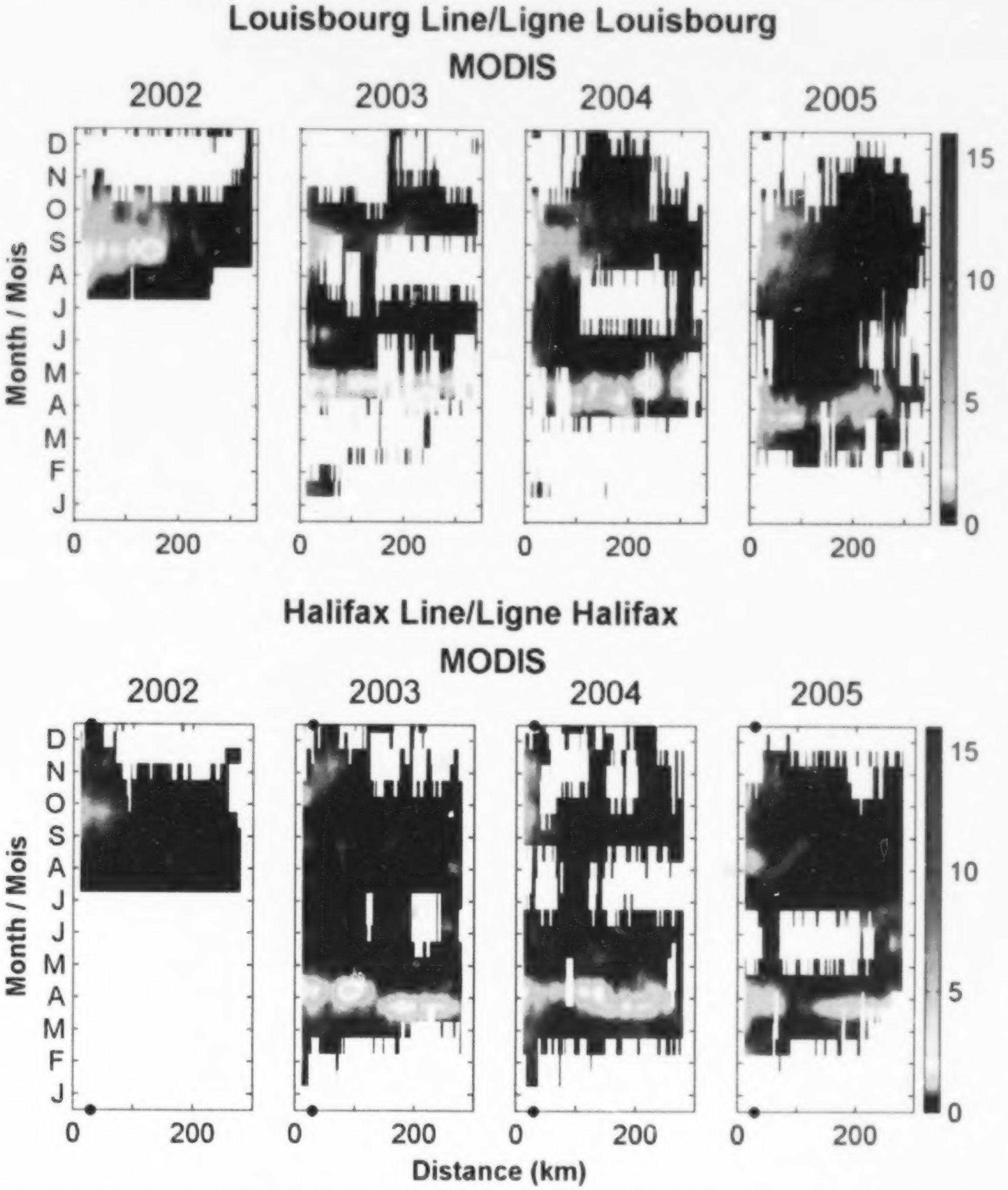

Figure 11. Teneurs en chlorophylle à la surface (2002-2005) le long des transects de Louisbourg et d'Halifax mesurées par le capteur de données sur la couleur de l'océan MODIS.

À plus grande échelle (comme à celle des sous-régions de statistique des Maritimes et du Golfe), l'efflorescence printanière était en 2005 dans l'ensemble des Maritimes et du Golfe d'une amplitude bien inférieure à celle de 2004. Cela était particulièrement vrai sur le plateau néo-écossais et le banc Georges. Toutefois, les observations des concentrations de chlorophylle depuis la station fixe d'Halifax révélaient que l'efflorescence printanière y était

beaucoup plus importante que ne le suggéraient les données satellitaires portant sur le centre du plateau néo-écossais.

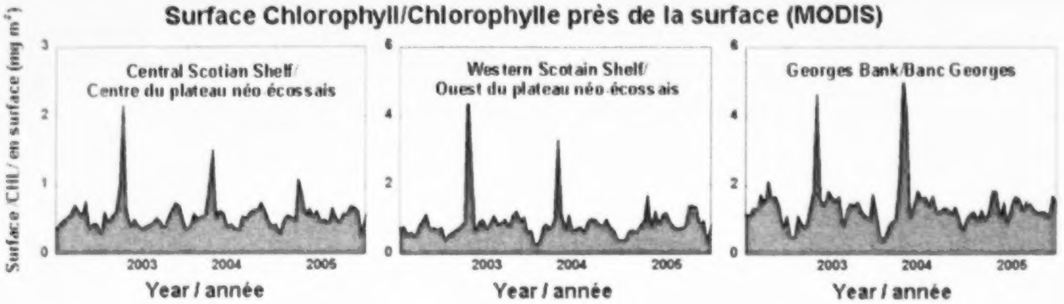

Figure 12. Teneurs en chlorophylle dans les eaux de surface du centre et de l'ouest du plateau néo-écossais et du banc Georges menées par le capteur de données sur la couleur de l'océan MODIS.

<u>Enregistreur de plancton en continu.</u> Ce sont les CPR qui nous donnent la plus longue série de données sur le plancton dans l'Atlantique Nord-Ouest. L'analyse des données des CPR est décalée d'un an par rapport aux résultats du PMZA; par conséquent, on ne dispose actuellement que des données allant jusqu'en 2004. Elles révèlent néanmoins que l'indice de coloration du phytoplancton et l'abondance des grands dinoflagellés et diatomées sur le plateau néo-écossais (57°-66° O) ont été considérablement plus élevés à partir du début des années 1990 et jusque dans les années 2000, comparativement à ce qu'on avait observé dans les années 1960 et 1970. À plus court terme, l'indice de coloration du phytoplancton sur le plateau néo-écossais a été relativement stable (et supérieur à la moyenne à long terme) au cours des quelques dernières années. L'abondance des diatomées a légèrement augmenté en 2004, mais en revanche celle des dinoflagellés a continué de diminuer pour se situer en 2003 et en 2004 en dessous de sa moyenne à long terme. Les tendances quelque peu incohérentes observées entre l'indice de coloration et le nombre de diatomées et de dinoflagellés peut s'expliquer par le fait que l'indice de coloration peut aussi englober des espèces de phytoplancton plus petites que celles qui sont habituellement dénombrées (le CPR retenant des particules plus petites que le maillage nominal de 260 μm de la gaze de soie).

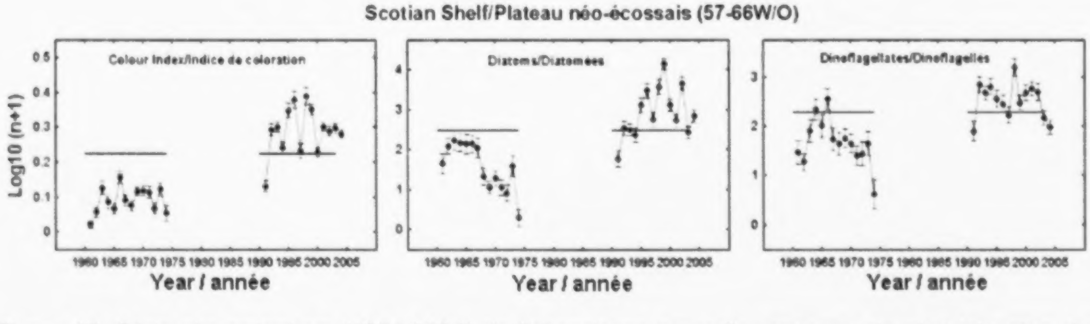

Figure 13. Série chronologique (1961-2004) de l'abondance annuelle moyenne du phytoplancton dans les eaux du plateau néo-écossais établie d'après les données des enregistreurs de plancton en continu (CPR).

En 2004, l'abondance et le cycle saisonnier du phytoplancton (diatomées) étaient plus conformes aux tendances observées dans les années 1990 et 2000 qu'à celles des années 1960 et 1970. Depuis quelques années, l'abondance de phytoplancton semble se manifester plus tôt que dans les décennies 1960 et 1970. Quoique la période du pic d'abondance (avril)

n'ait pas changé, des niveaux d'abondance beaucoup plus élevés, en particulier des diatomées, ont été observés en janvier et mars 2004 par rapport aux années 1960 et 1970.

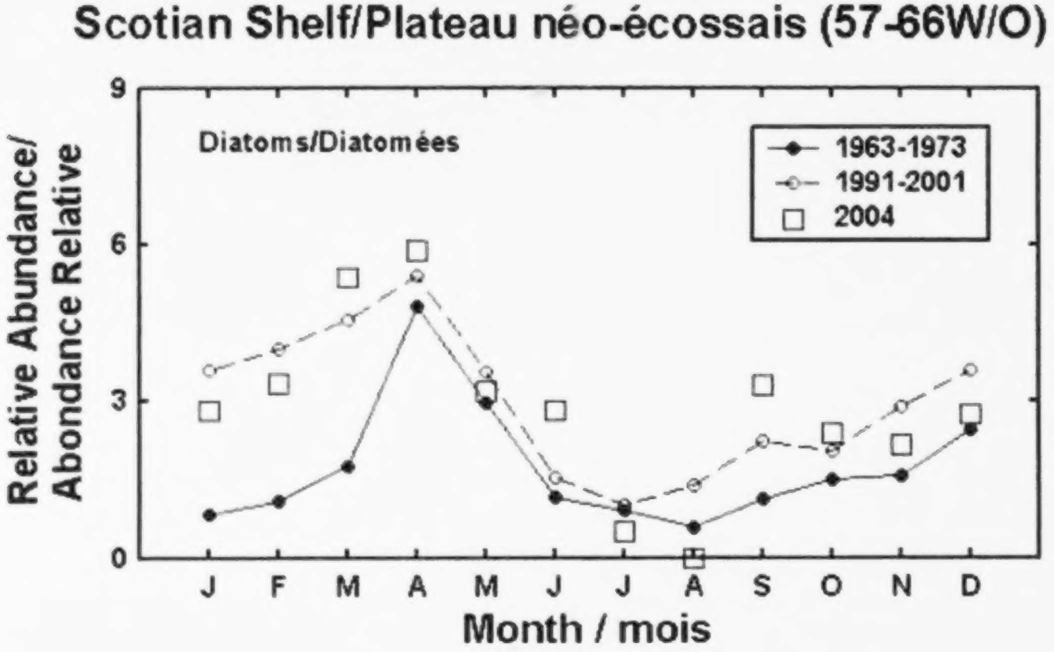

Figure 14. Abondance moyenne mensuelle du phytoplancton (diatomées) dans les eaux du plateau néo-écossais établie d'après les données des enregistreurs de plancton en continu (CPR).

Zooplancton

Stations fixes. La biomasse de zooplancton à toutes les stations fixes des Maritimes et du Golfe était comparable ou inférieure en 2005 à ses valeurs des années précédentes. On n'a pas retrouvé la forte biomasse record observée dans la vallée de Shediac en 2003, mais l'échantillonnage a été limité en 2005. Au large d'Halifax en 2005, la biomasse était bien inférieure à ses valeurs élevées de 2004 et légèrement inférieure à sa moyenne à long terme, présentant un large pic de ~ 30 g de poids frais m^{-2} au printemps et en été. De la même façon, la biomasse de zooplancton dans la baie de Fundy en 2005 était plus basse qu'en 2004 et inférieure à des valeurs historiques < 10 g de poids frais m^{-2}. Toutefois, on a observé une hausse spectaculaire de la biomasse à la fin de l'automne, celle-ci atteignant près de 40 g de poids frais m^{-2}. Dans la baie de Fundy, la biomasse de phytoplancton ne représente en général qu'une petite fraction (10-20 %) de la biomasse des autres stations fixes et elle culmine plus tard dans l'année qu'ailleurs.

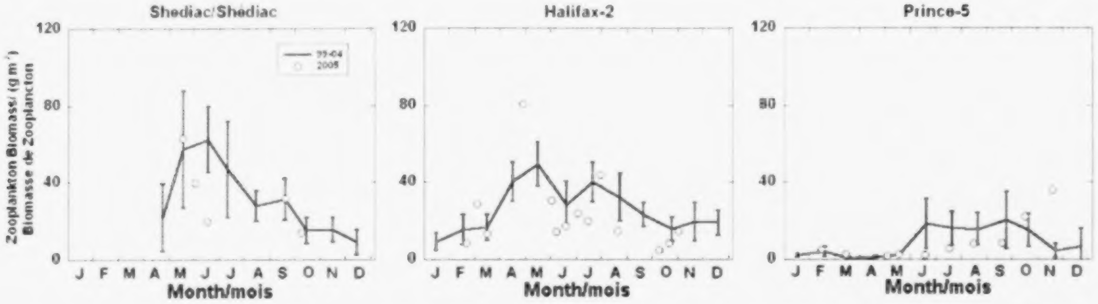

Figure 15. Biomasse de zooplancton aux stations fixes du PMZA dans les Régions des Maritimes et du Golfe en 2005.

L'abondance de *Calanus finmarchicus* à toutes les stations fixes en 2005 était comparable ou inférieure à ce qui avait été observé en 2003, comme c'était le cas de la biomasse totale de zooplancton. L'abondance de *C. finmarchicus* dans la vallée de Shediac, qui avait connu un pic record en 2003 (> 500 000 ind. m^{-2}), est retombée à des niveaux plus caractéristiques de la région (~ 25 000 ind. m^{-2}). Au large d'Halifax-2, l'abondance de *C. finmarchicus* en 2005 était comparable à ce qu'on avait observé les deux années précédentes; toutefois, à la fin de l'été et en automne, elle était légèrement plus basse que sa moyenne à long terme. Dans la baie de Fundy, l'abondance de *C. finmarchicus* était plus basse qu'en 2004 et que sa moyenne à long terme la majeure partie de l'année. Toutefois, comme c'était le cas pour la biomasse de zooplancton, l'abondance de *C. finmarchicus* a considérablement augmenté à la fin de l'automne, passant de < 5 000 ind. m^{-2} à près de 60 000 ind. m^{-2}. L'abondance de *C. finmarchicus* dans la baie de Fundy continue de ne représenter qu'une petite fraction de l'abondance de cette espèce aux autres stations fixes.

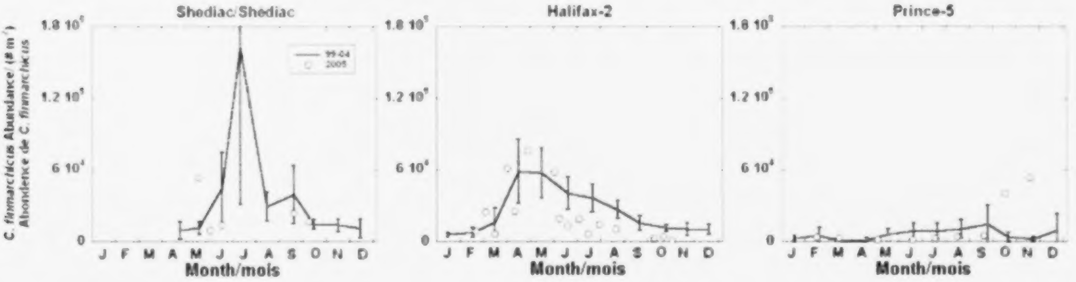

Figure 16. Abondance de Calanus finmarchicus aux stations fixes du PMZA dans les Régions des Maritimes et du Golfe en 2005.

Une analyse de la hiérarchie de la communauté a révélé que la domination numérique des copépodes parmi le zooplancton s'est poursuivie tout au long de l'année 2005 dans toutes les stations fixes des Maritimes et du Golfe. Malgré un échantillonnage limité, la présence de larves de décapodes et d'euphausiacés étaient plus manifeste qu'auparavant dans la vallée de Shediac. On a observé à nouveau en 2005 la poussée récurrente de larves d'échinodermes et de pouces-pieds ainsi que d'euphausiacés qui s'était manifestée précédemment au printemps et en été dans la baie de Fundy. Toutefois, la poussée de méduses et d'appendiculaires observée en 2004 était absente. En 2005, à toutes les stations fixes, les copépodes étaient dominés (> 50 % une bonne partie de l'année) par les petites espèces (*Oithona*, *Pseudocalanus*, *Paracalanus*, *Clausocalanus*, *Centropoges* et *Temora sp.*), comme les années

précédentes. L'importance relative de l'espèce plus grosse *Calanus sp.* semble s'être accrue dans la baie de Fundy depuis le début de l'échantillonnage effectué dans le cadre du PMZA, soit depuis 1999. Dans ces eaux, les « autres » espèces de copépodes (comme *Acartia sp.*, harpacticoïdes) représentent une fraction importante (jusqu'à > 60 %) des copépodes en été, tandis qu'elles jouent un rôle mineur (< 10 %) dans la vallée de Shediac et au large d'Halifax. Il ressort de la répartition des stades de *C. finmarchicus* en 2005 que la reproduction (révélée par la présence des premiers stades de développement I-III) a été en général limitée au printemps et au début de l'été dans la vallée de Shediac et au large d'Halifax, mais qu'elle a été plus largement répartie au long de l'année dans la baie de Fundy. Toutefois, le pic de reproduction semblait se produire au printemps à toutes les stations, comme les années précédentes. En 2005, la période de reproduction au large d'Halifax a semblé survenir plus tôt qu'en 2004, si on se fonde sur la première apparition des stades juvéniles, mais sa période était plus proche de la moyenne à long terme (début de mars).

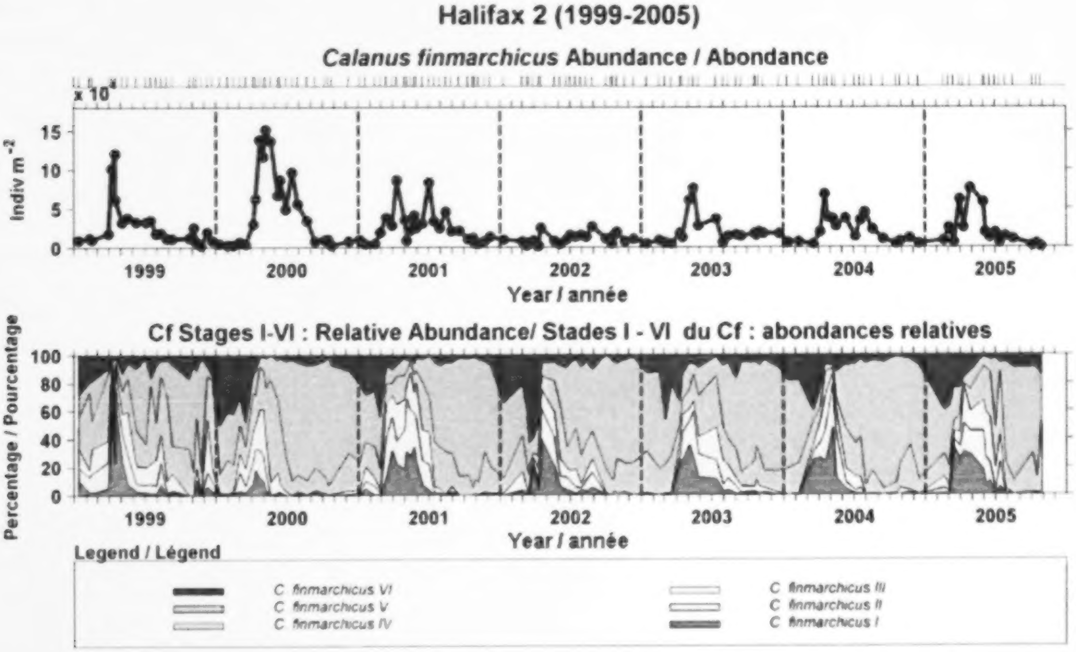

Figure 17. Série chronologique (1999-2005) de l'abondance et stades de développement de Calanus finmarchicus à la station fixe d'Halifax.

Transects du plateau néo-écossais. En 2005, la biomasse de zooplancton et l'abondance de *C. finmarchicus* étaient généralement plus hautes sur le plateau néo-écossais au printemps qu'en automne, comme cela avait été le cas les années précédentes. La biomasse a augmenté de l'ouest (~ 30 g de poids frais m^{-2} le long du transect du banc de Brown) à l'est (~ 70 g de poids frais m^{-2} le long du transect du détroit de Cabot) au printemps, tandis que *C. finmarchicus* était en général plus abondant que dans l'ouest du plateau, soit de 26 000 à 56 000 ind. m^{-2} le long des transects du banc de Brown et d'Halifax comparativement à 18 000-21 000 ind. m^{-2} le long des transects de Louisbourg et du détroit de Cabot. L'abondance de *C. finmarchicus* était notablement plus basse le long du transect du banc de Brown et beaucoup plus élevée le long du transect du détroit de Cabot. En automne 2005, l'abondance du zooplancton (17-28 g de poids frais m^{-2}) et de *C. finmarchicus* (5 000-10 000 ind. m^{-2}) était assez comparable le long des transects du banc de Brown, d'Halifax et de Louisbourg, mais tant la biomasse (47 g de poids frais m^{-2}) que l'abondance (~ 22 000 ind. m^{-2}) de l'espèce

étaient beaucoup plus élevées le long du transect du détroit de Cabot. Au printemps 2005, l'abondance de *C. finmarchicus* était plus basse que précédemment le long du transect du banc de Brown. En revanche, une forte abondance a été observée le long du transect du détroit de Cabot (~ 18 000 ind. m^{-2}) par rapport à la moyenne à long terme (~ 9 000 ind. m^{-2}) au printemps. En automne 2005, la biomasse de phytoplancton était plus basse le long du transect du banc de Brown et l'abondance de *C. finmarchicus* est tombée à un seuil record le long du transect du détroit de Cabot (22 000 ind. m^{-2} par rapport à la moyenne à long terme qui est de 34 000 ind. m^{-2}). Par contre, on a observé un pic record d'abondance de *C. finmarchicus* le long du transect d'Halifax en automne (11 000 ind. m^{-2} par rapport aux 8 000 ind. m^{-2} de la moyenne à long terme).

Relevés sur le poisson de fond. La répartition de la biomasse de zooplancton observée durant les grands relevés d'hiver et de printemps ainsi que d'été et d'automne sur le poisson de fond peut être qualifiée de très variable dans l'espace et dans le temps. En général, toutefois, la biomasse est à son plus fort dans les bassins profonds et dans les eaux profondes du large du plateau, ou dans les chenaux (p. ex. chenal Nord-Est, au large du banc Georges, et chenal Laurentien, bordant le sud du Golfe au nord). De plus, durant les relevés d'été, la biomasse a toujours été plus élevée dans l'ouest que dans l'est du plateau néo-écossais. Cela tranche avec la constance est-ouest observée dans la biomasse au cours des relevés de printemps et d'automne. Dans le relevé de 2005, la biomasse moyenne de zooplancton en février sur le banc Georges (~ 10 g de poids frais m^{-2}) était inférieure à la biomasse moyenne de 2004 (~ 27 g de poids frais m^{-2}), mais peu différente, statistiquement parlant, de la moyenne à long terme. La biomasse de zooplancton durant le relevé de mars sur le plateau néo-écossais était toutefois la plus basse à ce jour (16 g de poids frais m^{-2} par rapport à une moyenne à long terme de 56 g de poids frais m^{-2}). De la même manière, la biomasse de zooplancton et l'abondance de *C. finmarchicus* se situaient à de faibles niveaux au cours du relevé de juillet sur le plateau néo-écossais; la biomasse était de ~ 18 g de poids frais m^{-2} en 2005, comparativement à une moyenne à long terme de ~ 36 g de poids frais m^{-2} et l'abondance de *C. finmarchicus* se chiffrait à ~ 19 000 ind. m^{-2}, comparativement à une moyenne à long terme de ~ 31 000 ind. m^{-2}). En 2005, la biomasse de zooplancton était plus basse qu'en 2004 au cours du relevé de septembre dans le sud du golfe du Saint-Laurent, mais elle ne présentait pas de différence significative sur le plan statistique avec la moyenne à long terme. Les données sur les espèces de zooplancton observées dans la plupart des relevés sur le poisson de fond ont été traitées, mais pas encore interprétées.

Enregistreurs de plancton en continu. Si le phytoplancton était abondant sur le plateau néo-écossais dans les années 1990 et 2000 par rapport aux années 1960 et 1970, la tendance a été généralement contraire (plus basses valeurs dans les années 1990 et 2000 que dans les années 1960 et 1970) dans le cas du zooplancton, en particulier du début au milieu des années 1990. Dans les quelques dernières années, l'abondance du zooplancton s'est rétablie par rapport à ses basses valeurs du milieu de la décennie 1990 pour ce qui est de certaines espèces, mais d'autres espèces restent peu nombreuses. À cet égard, il convient de signaler la hausse spectaculaire de l'abondance de *C. finmarchicus*, en particulier le nombre élevé d'animaux des stades 1 à 4 en 2004; pour la première fois depuis une décennie, l'abondance des stades 1 à 4 de *C. finmarchicus* était supérieure à la moyenne à long terme. L'abondance de *Paracalanus/Pseudocalanus spp.* était également à la hausse, mais elle restait néanmoins inférieure à sa moyenne à long terme. Le nombre d'euphausiacés en 2004 était en recul par rapport à la hausse qu'il avait connu en 2003 et il se situait de nouveau sous sa moyenne à long terme.

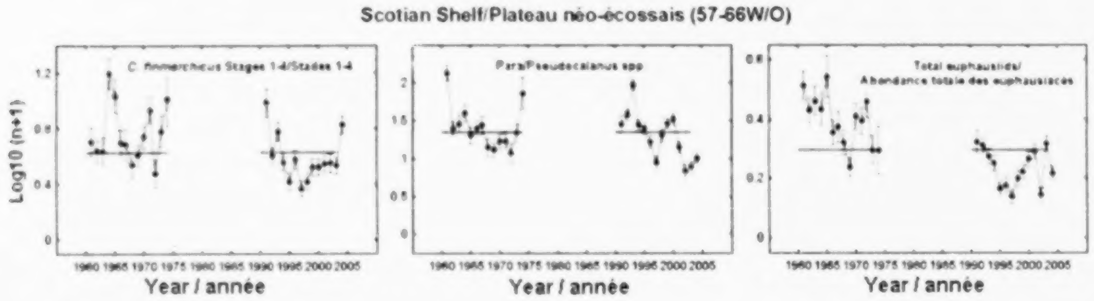

Figure 18. Série chronologique (1961-2004) de l'abondance annuelle moyenne du zooplancton dans les eaux du plateau néo-écossais établie d'après les données des enregistreurs de plancton en continu (CPR).

Contrairement à ce qu'on a constaté dans le cas du phytoplancton, les cycles d'abondance saisonnière des espèces de zooplancton en 2004 étaient peu conformes aux tendances observées dans les années 1960, 1970 et 1990.

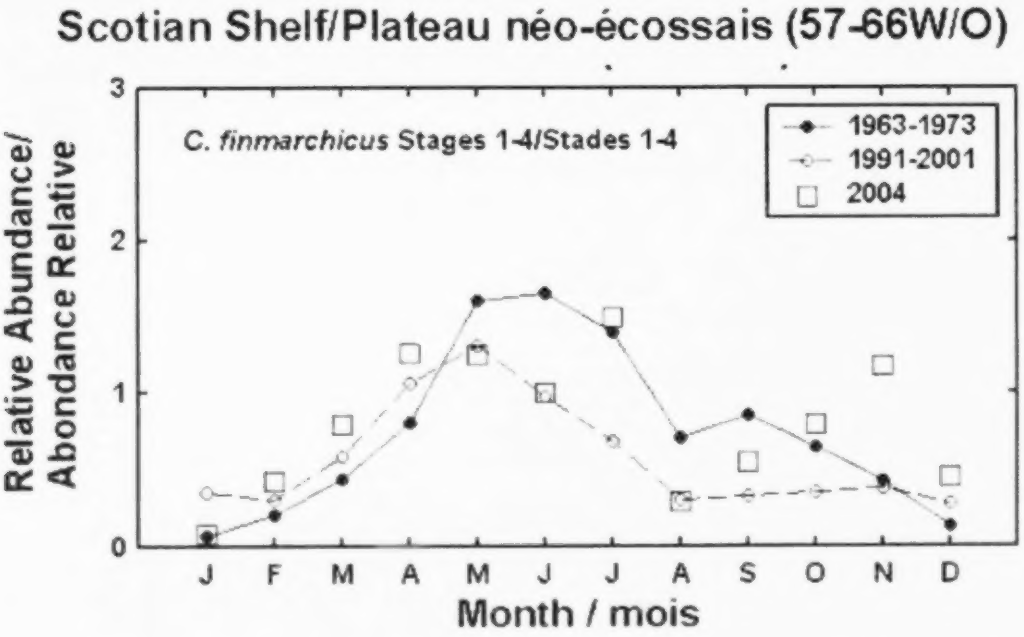

Figure 19. Abondance moyenne mensuelle du zooplancton (C. finmarchicus, stades 1 à 4) dans les eaux du plateau néo-écossais établie d'après les données des enregistreurs de plancton en continu (CPR).

Sources d'incertitude

Les tendances générales de la répartition spatiale des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'océan dans la zone de l'Atlantique Nord-Ouest faisant l'objet d'une surveillance dans le cadre du PMZA sont restées relativement constantes de 1999 à 2005. Quoiqu'il y ait des variations saisonnières dans la répartition des masses d'eau, des plantes et des animaux, ces variations reflètent des tendances généralement prévisibles. Toutefois, il y a une incertitude considérable dans les estimations de l'abondance globale du phytoplancton et du zooplancton,

due en partie au cycle biologique des animaux, à leur répartition spatiale éparse et à l'étendue limitée du programme de monitorage dans la région.

Les caractéristiques physiques (température et salinité) et chimiques (nutriants) sont bien échantillonnées parce qu'elles présentent des propriétés assez constantes, qui sont peu susceptibles de changer d'année en année. De plus, la mesure de ces caractéristiques comporte un bon degré de précision. La seule exception concerne les eaux de surface, dans lesquelles des changements rapides de l'abondance du phytoplancton, en particulier durant l'efflorescence printanière, peuvent occasionner une rapide raréfaction des nutriants. Soucieux de rester prudents dans notre description des changements qui surviennent à long terme dans les caractéristiques physiques, nous limitons nos conclusions aux concentrations de nutriants des eaux profondes.

Ce sont nos estimations de l'abondance du phytoplancton qui sont trouve la plus grande source d'incertitude, en raison des difficultés qu'il y a à décrire les variations interannuelles de la période, de l'ampleur et de la durée de l'efflorescence printanière de phytoplancton. En effet, le phytoplancton peut connaître des changements rapides d'abondance, de l'ordre de plusieurs jours à plusieurs semaines. Comme notre échantillonnage est limité dans le temps et qu'il souffre de ruptures temporelles dues au manque de disponibilité des navires ou aux conditions météorologiques qui frappent souvent nos relevés aux stations fixes en hiver, il ne nous est pas possible de bien échantillonner au printemps le phytoplancton et d'autres paramètres importants. De plus, des variations dans la période à laquelle survient l'efflorescence printanière de plancton dans la région par rapport à nos relevés océanographiques de printemps peuvent limiter notre capacité à déterminer les variations interannuelles de l'abondance maximale de phytoplancton. En revanche, nous savons mieux décrire les variations interannuelles de l'abondance des espèces dominantes de phytoplancton, parce que leur cycle saisonnier se mesure en semaines et en mois, en raison de leur temps de génération plus long. Quoique les variations interannuelles dans l'abondance des groupes dominants, comme les copépodes, puissent être évaluées de manière satisfaisante, on ne peut estimer de manière fiable les variations dans l'abondance des espèces rares, dispersées ou éphémères.

Dans les eaux des Maritimes et du Golfe, l'échantillonnage saisonnier à la station fixe de la vallée de Shediac (sud du Golfe) a souffert considérablement du manque de temps-navire; seulement 4 à 5 des ~ 15 opérations d'échantillonnage visées ont été exécutées ces 2 à 3 dernières années. Il existe aussi une grande lacune dans les données concernant la partie canadienne du golfe du Maine et du banc Georges. Cette importante composante géographique de la Région des Maritimes n'est pas systématiquement échantillonnée dans le cadre du PMZA, sauf pour ce qui est d'un échantillonnage modeste durant les relevé sur le poisson de fond de février et juillet, et de la télédétection par satellite; par conséquent on ne connaît pas les variations intersaisonnières des principales caractéristiques de l'océan dans ce secteur. En ce qui concerne les composantes écosystémiques, le macrozooplancton, en particulier le krill, ne fait pas, lui non plus, l'objet d'un échantillonnage systématique dans les eaux des Maritimes et du Golfe, sauf au CPR. C'est pourquoi on ne dispose pas d'estimations quantitatives de sa biomasse, de son abondance et de sa variabilité interannuelle.

CONCLUSION ET AVIS

En 2005, les concentrations de nutriants en hiver à la surface et certaines réserves de nutriants des eaux profondes des Maritimes et du Golfe étaient plus basses que précédemment. Une efflorescence printanière au large d'Halifax, vraisemblablement liée aux faibles réserves hivernales de nutriants, était de grande ampleur, mais sa durée s'est révélée la plus courte depuis le début des observations systématiques, soit depuis 1999. De fortes efflorescences ont

été observées dans le centre du plateau néo-écossais au cours du relevé de printemps. Les faibles concentrations de nutriants de l'hiver ont vraisemblablement contribué aussi à la moindre envergure et au retard de l'efflorescence du printemps et de l'été dans la baie de Fundy. Les concentrations de fond en phytoplancton (hors des périodes d'efflorescence) sont en recul systématique au large d'Halifax depuis sept ans; cela pourrait être lié aux plus basses réserves estivales de nutriants dans les eaux proches de la surface. Les enregistrements de phytoplancton à plus long terme sur le plateau néo-écossais par les CPR révèlent que l'effectif de phytoplancton continue d'être supérieur à celui des années 1960 et 1970, époque où ont débuté les observations.

Au cours des relevés de printemps et d'été sur le poisson de fond, la biomasse et l'abondance du principal copépode, *C. finmarchicus* étaient tombées à des seuils sans précédents sur le plateau néo-écossais. En revanche, elles ont atteint des pics records en automne dans le centre du plateau, peut-être en raison de la forte efflorescence printanière observée à cet endroit en avril. Les tendances à long terme de l'abondance du zooplancton d'après les enregistrements CPR révèlent que l'effectif de plusieurs espèces importantes continue d'être bien inférieur à ses niveaux des années 1960 et 1970, mais que certaines autres espèces, comme *C. finmarchicus,* semblent se rétablir après être tombées à des seuils records au début des années 1990.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Harrison, G., D. Sameoto, J. Spry, K. Pauley, H. Maass and V. Soukhovtsev. 2006. Optical, chemical and biological oceanographic conditions in the Maritimes/Gulf Regions in 2005. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. rech. 2006/081.

MPO, site Web de SeaWiFS : http://www.mar.dfo-mpo.gc.ca/science/ocean/ias/remotesensing.html

Petrie, B., P. Yeats, and P. Strain. 1999. Nitrate, silicate and phosphate atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine. Can. Tech. Report of Hydrography and Ocean Sci. 203, 96pp.

Therriault, J.C., et al. (11 co-authors). 1998. Proposal for a Northwest Atlantic Zonal Monitoring Program. Can. Tech. Report of Hydrography and Ocean Sci. 194, 57pp.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

contactez : G. Harrison (Ph.D.)
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

Tél. : 902-426-3879
Télécopieur : 902-426-9388
Courriel : harrisong@mar.dfo-mpo.gc.ca
Site Web : http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/zmp/main_zmp_f.html

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques
Région des Maritimes et Région du Golfe
Pêches et Océans Canada
C.P. 1006, succursale B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

Téléphone : 902-426-7070
Télécopieur : 902-426-5435
Courriel : XMARMRAP@mar.dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas

ISSN 1480-4921 (imprimé)
© Sa majesté la Reine du chef du Canada, 2006

An English version is available upon request at the above address.

LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :

MPO, 2006. État de l'océan en 2005 : conditions chimiques et biologiques dans le golfe du Maine, dans la baie de Fundy, sur le plateau néo-écossais et dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.. 2006/048.